

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE

LUIZ ANTONIO DA SILVA RAMOS

"A Sustentabilidade Econômico-Financeira das distribuidoras de energia no Brasil:
Uma proposta de modelo de monitoramento baseado em DEA"

RIO DE JANEIRO

2019

LUIZ ANTONIO DA SILVA RAMOS

"A Sustentabilidade Econômico-Financeira das distribuidoras de energia no Brasil:
Uma proposta de modelo de monitoramento baseado em DEA"

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Ciências Contábeis.

Orientador: André Luiz Bufoni

RIO DE JANEIRO

2019

Dedico este trabalho a todos os acadêmicos e cientistas. Estes que, mesmo com poucos insumos, conseguem entregar os produtos essenciais para o desenvolvimento do país.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência e por mais esta oportunidade de adquirir conhecimento. Por toda a inspiração e por todo o suporte.

À minha mãe, Elaine Vicente, por sempre cuidar de mim e pelo esforço contínuo em me proporcionar uma vida digna com a predominância de bons valores. Eu sei que nem sempre consigo ser um filho impecável, mas tenho a plena consciência da mãe e mulher fantástica que você é.

À minha tia, Elenice Vicente, por todo o apoio que foi fundamental para o meu desenvolvimento pessoal e espiritual. Espero um dia poder orientar as pessoas tão bem quanto me orientou.

À Professora Márcia Carvalho, por sua dedicação e por ter me incentivado no início do curso, o qual tinha dúvidas sobre a minha vocação para a área. Não teria chego tão longe e agora que estou aqui, sou grato pela jornada.

Ao meu orientador, Professor André Luiz Bufoni, por ser um mentor tão acessível e ter sido fundamental no meu desenvolvimento profissional. Por ser um guia eficaz no safari da ciência, me feito expandir os meus conhecimentos e pela bagagem a qual carregarei por toda a minha vida.

À Professora Aracéli Ferreira, por me acolher com tanto carinho no LMSC e ser um ser humano tão inspirador.

Ao melhor grupo de amigos que se pode ter: Samuel, Larissa, Karina, Eduardo, Tiago, Pedro e Caio. Desejo que continuem sempre se desenvolvendo e que tenham uma vida de muito sucesso e realizações.

E por fim, agradeço a uma pessoa que me faz muita falta. Minha avó, Maria Célia, eu queria que tivéssemos mais alguns anos para que você estivesse aqui agora. Obrigado pelos 20 anos os quais passamos juntos, por todo o aprendizado, paciência, lições e apoio. Sinto muitas saudades da sua luz maravilhosa, mas tenho certeza que um dia nos encontraremos novamente.

“É necessário fazer outras perguntas, ir atrás das indagações que produzem o novo saber, observar com outros olhares através da história pessoal e coletiva, evitando a empáfia daqueles e daquelas que supõem já estar de posse do conhecimento e da certeza.”

Mario Sergio Cortella

RESUMO

Com as instituições dos indicadores de sustentabilidade econômico-financeira das distribuidoras do setor de energia elétrica no Brasil, surgiu o questionamento se o modelo de monitoramento é adequado. Este trabalho oferece um modelo alternativo utilizando a metodologia DEA/CRV para a criação de um indicador único de eficiência abrangendo as perspectivas econômica, financeira e operacional. O modelo proposto relacionou as perspectivas de eficiência, investimentos e operacional. Os resultados mostraram que a relação entre eficiência econômico-financeira e operacional possuem pouca relação, sendo recomendável a análise das perspectivas em modelos separados.

Palavras- Chave: Data Envelopment Analysis; Energia Elétrica; ANEEL; Sustentabilidade Econômico-Financeira; Constant Return to Scale

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Ilustração da medida de eficiência DEA Fonte: Hjalmarsson e Veiderpass.....	21
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Divisão dos INPUTS e OUTPUTS26

Tabela 2: Rank, coeficiente Theta e Slacks obtidos com a metodologia DEA27

Tabela 3: Comparação entre os indicadores de sustentabilidade e os Slacks.....28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BCC	Banker, Charnes and Cooper
BRL	Base de Remuneração Líquida
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CAPEX	Capital Expenditures
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CRS	Constant Return to Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DGC	Índice de Desempenho Global de Continuidade
DLR	Dívida Líquida Regulatória
DMU	Decision Making Unit
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
PMSO	Pessoal, Material, Serviços de Terceiros e Outras despesas
QRR	Quota de Reintegração Regulatória
SFA	Stochastic Frontier Analysis
SFF	Superintendência de Fiscalização Econômica e Financeira
VPB	Valor da Parcela B
VRS	Variable Return to Scale

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1	O MERCADO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	12
2.2	OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA DA ANEEL.....	13
2.2.1	PERSPECTIVA 1 – ENDIVIDAMENTO	14
2.2.2	PERSPECTIVA 2 – EFICIÊNCIA	15
2.2.3	PERSPECTIVA 3 – INVESTIMENTOS.....	16
2.2.4	PERSPECTIVA 4 – RENTABILIDADE	16
2.2.5	PERSPECTIVA 5 – PAY-OUT	17
2.2.6	PERSPECTIVA 6 – OPERACIONAL	17
2.3	O USO DE DEA COMO MODELO DE AVALIAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO	18
3	METODOLOGIA	19
3.1	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	19
3.2	LIMITAÇÕES DA MODELAGEM DEA.....	21
3.3	MÉTODOS DE HOMOGENEIZAÇÃO	22
3.4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	23
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	26
4.1	SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONSTRUÇÃO DO MODELO	26
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
5	CONCLUSÃO	30

1 INTRODUÇÃO

A instituição dos indicadores de sustentabilidade econômico-financeira pela agência reguladora de energia elétrica brasileira, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) abriu as discussões sobre se o modelo de monitoramento do setor no Brasil é adequado. Várias sugestões de indicadores foram discutidas durante as consultas públicas. De 35 indicadores sugeridos, 16 foram escolhidos para monitorar as 62 distribuidoras de energia. Esses 16 foram distribuídos em 7 perspectivas que segundo a agência, são “suficientes para se obter uma sensibilidade mínima da situação financeira das distribuidoras”(ANEEL, 2016a).

Indicadores financeiros possuem limitações quanto a extensão de suas aplicações. Resultados negativos podem atrapalhar a análise e nem sempre é fácil atribuir um numerador e um denominador capaz de medir com precisão o aspecto qualitativo o qual se propõe a perspectiva.

Neste trabalho, o objetivo não é criticar os indicadores, perspectivas e composição, mas oferecer uma nova perspectiva de avaliação para o setor brasileiro, baseado em um método difundido em vários países. O objetivo é propor um modelo de análise complementar e incluir este modelo alternativenas discussões do setor.

O Data EnvelopmentAnalysis (DEA) é um modelo não paramétrico com ampla utilização.O objetivo é definir uma fronteira de eficiência na relação insumo-produto. O modelo cria um ranking por meio do cálculo de um índice θ que é obtido com a análise de todas as empresas do setor.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O MERCADO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

No Brasil, as atividades desempenhadas pelo setor utilizam uma infraestrutura sob a propriedade do governo, por meio do regime de concessão. Essa infraestrutura é dividida em grandes territórios, com 62 distribuidoras de energia contidas no território brasileiro, que possui cerca de 8.515.767 Km². Comparando esse número com a Alemanha, que em 2006 possuía 557 distribuidoras em um território de 357.051 Km², é possível concluir que o mercado de distribuição de energia no Brasil é muito concentrado. (VON HIRSCHHAUSEN; CULLMANN; KAPPELER, 2006)

Uma característica econômica do mercado de energia elétrica é o monopólio natural. As distribuidoras não podem compartilhar a mesma infraestrutura concedida pelo governo. Por conseguinte, estes mercados precisam de regulação para garantir a qualidade da operação, estimular a competição e a limitação do lucro do acionista a níveis adequados ao risco do negócio. (STEINER, 2000)

O movimento de privatização das distribuidoras começou com a aplicação ao setor do Programa Nacional de Desestatização. Na primeira fase, duas empresas distribuidoras sob controle da União foram vendidas, a Escelsa e a Light. A primeira era uma distribuidora muito pequena e foi a primeira distribuidora vendida em 1995 e a segunda só se concretizou em 1996, no último momento. Este processo de privatização foi o que chegou mais perto dos objetivos originais propostos pelo governo, atraindo a iniciativa privada pela simplicidade das regras do projeto. (LEITE, 2007)

Com a expansão do processo de desestatização e para regular o setor que possui características monopolistas, o governo, por meio da lei nº 9427/96, instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com a finalidade de “regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal”(1996).

2.2 OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA DA ANEEL

Em 2007, a Superintendência de Fiscalização Econômica e Financeira (SFF) iniciou o processo conhecido como “Aprimoramento do Monitoramento do Desempenho da Gestão Econômico-Financeira das Concessionárias de Serviço Público de Energia Elétrica”, que teve como objetivo a discussão de quais ferramentas seriam utilizadas para monitorar o desempenho econômico-financeiro das concessionárias do setor. Com esse processo, a SFF produziu em 2008 o primeiro relatório, o “Panorama do Desempenho das Concessionárias de Distribuição”, que compreendeu uma análise do desempenho das distribuidoras no período de janeiro a novembro de 2007.

Nos anos seguintes, a SFF seguiu com estudos e discussões no âmbito da ANEEL com o objetivo de aprimorar o monitoramento do desempenho das empresas. Com notável importância para o setor, essa atividade foi incorporada às metas intermediárias da SFF. Com a experiência acumulada, a metodologia e as ferramentas foram continuamente aprimoradas e a SFF começou a produzir relatórios com análises mais aprofundadas do desempenho das distribuidoras, alguns específicos para cada distribuidora. Estes relatórios tornaram possível subsidiar as ações regulatórias da agência, como intervenções e ofícios demandando providências das distribuidoras com desempenho financeiro desfavorável.

Com os avanços e as trocas de experiência entre a agência e outras instituições relacionadas, a ANEEL tornou pública sua percepção sobre as distribuidoras. Diversos estudos foram conduzidos nos anos seguintes e o diálogo foi conduzido em reuniões de intercâmbio técnico com instituições diversas, entre elas a Comissão de Valores Mobiliários (CVM), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a Caixa Econômica Federal (CEF), a Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda (SEAE), o Banco Central do Brasil (BACEN), o Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL/UFRJ), analistas financeiros de bancos de investimentos, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e agências de classificação de risco, contemplando a Standard & Poor's, a Moody's e a Fitch Ratings.

A primeira fase da contribuição pública nº15/2014 se encerrou em 23/02/2015. Com a promulgação do decreto nº8461/2015, aANEEL recebeu a incumbência de prorrogar os contratos de concessão de distribuição que venceriam entre 2015 e 2017. De acordo com as

diretrizes, as distribuidoras deverão alcançar os critérios de eficiência com relação à qualidade do serviço prestado, eficiência com relação a gestão econômico financeira, racionalidade operacional e econômica e modicidade tarifária. Os critérios deverão ser alcançados em até 5 anos e a apuração do cumprimento das metas incumbirá sobre a agência.(ANEEL, 2016b)

Com o contexto de apuração de desempenho, surgiu o projeto de indicadores econômico-financeiro para verificar o cumprimento dos objetivos estabelecidos em contrato. Neste mesmo período, o planejamento estratégico da ANEEL definiu os objetivos e iniciativas necessários para a melhoria da performance do órgão regulador no exercício de suas atividades operacionais. Entre as iniciativas, o Objetivo Estratégico 7 vislumbra garantir o equilíbrio econômico-financeiro das concessões por meio do aprimoramento dos instrumentos contratuais, do monitoramento e de intervenções, quando necessárias.

Os indicadores de sustentabilidade econômico-financeira constituem a ferramenta base para o exercício das atividades regulatórias. Eles possibilitam a agência detectar dificuldades no âmbito econômico-financeiro, avaliar se a dificuldade é transitória ou estrutural e aplicar as medidas necessárias para garantir a continuidade da prestação do serviço.

Por meio da nota técnica nº111/2016-SFF/ANEEL, foram instituídos os 16 indicadores de sustentabilidade econômico-financeira, divididos em 7 perspectivas de análise. Os indicadores foram selecionados com contribuições das distribuidoras. As perspectivas são: Endividamento, Eficiência, Investimentos, Rentabilidade, Pay-OutRatio, Operacional e Renovação de Contratos. O indicador de endividamento é o principal da análise, os demais exercendo papel complementar(ANEEL, 2016c). A perspectiva de renovação de contratos não será analisada neste trabalho devido a sua baixa possibilidade de integração com os demais indicadores.

2.2.1 PERSPECTIVA 1 – ENDIVIDAMENTO

$$\text{Endividamento} = \frac{DLR}{EBITDA \text{ UDM Ajustado} - QRR \text{ UDM}}$$

Na primeira perspectiva, o endividamento, a ANEEL considerou apenas um indicador por entender que é o mais completo ao priorizar três variáveis principais: O endividamento,

representado pela variável Dívida Líquida com Ativos e Passivos Financeiros Setoriais (DLR); a geração de caixa, representada pelo EarningsBeforeInterest, Taxes, Depreciation e Amortization (EBITDA); e os investimentos mínimos, correspondente ao QRR.(ANEEL, 2016c)

A ANEEL admite que outras variáveis poderiam explicar melhor a relação de endividamento das distribuidoras, porém, a área técnica entende que o uso da DLR é suficiente para detectar problemas nas dívidas das distribuidoras.

Ao relacionar a dívida com o caixa operacional líquido gerado (Caixa operacional menos o valor de depreciação dos ativos elétricos), se obtém a quantidade de períodos necessários, considerando que o caixa líquido se mantenha constante, para a distribuidora pagar as suas dívidas. Este número será confrontado com a meta proposta pela ANEEL para cada distribuidora.

2.2.2 PERSPECTIVA 2 –EFICIÊNCIA

$$\text{Indicador 2.1} = \frac{\text{EBITDA Ajustado UDM}}{\text{VPB Regulatório UDM}}$$

$$\text{Indicador 2.2} = \frac{\text{PMSO Ajustado UDM}}{\text{PMSO Regulatório UDM}} - 1$$

Na segunda perspectiva, a eficiência, a ANNELEntende a influência da geração de caixa e do controle de despesas no controle de dívida, realização de investimentos, remuneração de capital, distribuição de resultados e na qualidade do serviço. A agência atribui a maior parte dos casos de dificuldades financeiras das empresas à baixa eficiência na gestão de despesas da atividade, sendo o volume da dívida aspecto secundário, já que este é normalmente consequência de despesas ineficientes.(ANEEL, 2016c)

O indicador 2.1 mostra qual a margem de recursos obtidos acima do valor determinado pela tarifa (VPB). As empresas com indicador maior que 1 são as mais eficientes. O indicador 2.2 mostra a eficiência quanto as despesas com PMSO. As empresas devem possuir índices menores que 0 para serem mais eficientes.

2.2.3 PERSPECTIVA 3 –INVESTIMENTOS

$$\text{Indicador 3} = \frac{\text{Capex U4/5A}}{\text{QRR U4/5A}}$$

Na terceira perspectiva, os investimentos, o objetivo é relacionar o capex de manutenção com a despesa de depreciação regulatória (QRR). Para minimizar o efeito da revisão de ciclo de cada distribuidora, se adota o período de 4 ou 5 anos.

A ANEEL entende que há grande relação entre a qualidade e os investimentos realizados. Se a distribuidora cumpre com as metas de qualidade, é razoável supor que os investimentos sejam pelo menos proporcional a depreciação dos ativos. Se a empresa investir acima do esperado, ela pode ter mais flexibilidade no investimento nos anos seguintes, mas também uma redução em suas bases de remuneração atuais.(ANEEL, 2016c)

O indicador 3 mostra se a empresa está investindo mais ou menos que os seus ativos depreciam. Ou seja, ele mede a taxa de renovação dos ativos fixos das distribuidoras. Do ponto de vista regulatório, estes ativos são os que estão sob o controle da distribuidora por meio do contrato de concessão. A empresa deve possuir indicador maior que 1 para mostrar que investe mais do que seus ativos depreciam.

2.2.4 PERSPECTIVA 4 –RENTABILIDADE

$$\text{Indicador 4.1} = \frac{\text{EBIT Ajustado UDM} - \text{EBIT Regulatório UDM}}{\text{BRL} + \text{Capex Incremental}}$$

$$\text{Indicador 4.2} = \frac{\text{Set Constituição}}{\text{EBITDA Reg UDM}}$$

Na quarta perspectiva, a rentabilidade, a agência entende que é um aspecto relevante que pode reverberar redução no investimento, despesas de manutenção e elevar o endividamento nos casos em que a distribuidora não conseguir resultado suficiente para remunerar o capital investido pelo acionista. (ANEEL, 2016c)

O indicador 4.1 mede a proporção do excedente do caixa operacional (diferença entre o obtido e a meta regulatória) e a soma da base de remuneração líquida (BRL) paga ao acionista e o Capex

incremental (gerado durante o ano de operação). Se o valor for maior que 1, há indícios que o excedente gerado é utilizado para o pagamento de dívidas. Se for menor que 1, há indícios de que o investimento e a remuneração são maiores que os caixa gerado. O nível adequado deste indicador é estar próximo a 1 sempre que possível. O indicador 4.2 não será objeto de análise neste trabalho por motivo de insuficiência de dados relacionados ao Set Constituição disponibilizados pelo órgão regulador.

2.2.5 PERSPECTIVA 5 –PAY-OUT

$$\text{Indicador 5} = \frac{\text{Fluxo do Acionista UDM}}{\text{Resultado Líquido UDM}}$$

Na quinta perspectiva, o pay-out, o objetivo é detectar a inversão de prioridades da gestão. Este índice é avaliado em conjunto com os índices de endividamento e qualidade para verificar se a remuneração do acionista não é realizada em detrimento da sustentabilidade econômico-financeira e operacional da distribuidora.(ANEEL, 2016c)

O indicador 5 mede a proporção entre as transações dos acionistas (dividendos, aportes, juros e afins) e o resultado líquido obtido no período.

2.2.6 PERSPECTIVA 6 – OPERACIONAL

$$\text{Indicador 6.1} = DGC$$

$$\text{Indicador 6.2} = \% \text{ Perdas Realizadas} - \% \text{ Perdas Regulatórias}$$

$$\text{Indicador 6.3} = \text{Mercado GWh CAGR U4A}$$

$$\text{Indicador 6.4} = N^{\circ} \text{ Consumidores GWh CAGR U4A}$$

A sexta perspectiva, operacional, também referida como qualidade, tem como principal objetivo a manutenção da prestação do serviço dentro da esfera operacional. Compreende quatro indicadores, cada um com uma perspectiva diferente. A ANEEL entende que a perspectiva de qualidade tem grande relação com as demais perspectivas econômico-financeiras.

O indicador 6.1, o Índice de Desempenho Global de Continuidade tem como objetivo medir o desempenho da distribuidora em relação as metas propostas pela agência para os indicadores de continuidade (DEC - Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora e FEC - Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora).

O indicador 6.2 mede a diferença entre as perdas totais das distribuidoras, sendo elas técnicas ou não técnicas, e as metas regulatórias estabelecidas pela agência para cada tipo de perda. A perda técnica é definida como a “parcela das perdas na distribuição inerente ao processo de transporte, de transformação de tensão e de medição da energia na rede da concessionária, expressa em megawatt-hora MWh” e a definição de perda não técnica é “representa todas as demais perdas associadas à distribuição de energia elétrica, tais como furtos de energia, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, etc. Corresponde à diferença entre as Perdas na Distribuição e as Perdas Técnicas, em megawatt-hora (MWh). Em suma, as perdas técnicas são as que ocorrem no desempenho normal das atividades, enquanto as perdas não técnicas ocorrem por erros operacionais. (ANEEL, 2015a)

Os indicadores 6.3 e 6.4 representam um viés de expansão operacional. Quanto maior a taxa, maior a expansão e consequentemente, maior a necessidade de investimento da distribuidora.

2.3 O USO DE DEA COMO MODELO DE AVALIAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO

A análise de eficiência é uma ferramenta preponderante para acessar a estrutura do setor de energia elétrica ajudando os reguladores e as empresas a entenderem os drivers de produtividade do setor. O método DEA e o SFA são os métodos mais utilizados pela literatura para a análise de eficiência no setor. Eles foram úteis no processo regulatório da Suíça, Holanda, Áustria, Reino Unido, Dinamarca, Finlândia, Islândia, Noruega e Suécia. (CULLMANN; VON HIRSCHHAUSEN, 2008; apud PESSANHA; MELLO; SOUZA, 2010)

A ANEEL utiliza a metodologia para a análise de eficiência em custos e para o cálculo do fator X (CARLOS, 2017; PESSANHA; MELLO; SOUZA, 2010; PESSANHA; SOUZA; LAURENCEL, 2004; REZENDE; PESSANHA; AMARAL, 2014). Por isso, um modelo único de avaliação criado com o método DEA não é uma novidade para o setor elétrico brasileiro.

3 METODOLOGIA

3.1 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A criação do primeiro método para medir a eficiência na transformação de insumos em produtos, isto é, a criação de um produto com a redução no número de unidades adicionais de recursos utilizadas foi realizada por Farrel(1957). O autor criou uma função de produção que considera todos os inputs e outputs para fornecer uma medida de eficiência produtiva adequada, evitando os problemas ocasionados pelas limitações dos índices de análise. A função foi aplicada ao setor de agricultura dos Estados Unidos para ilustrar sua aplicabilidade.

Com o objetivo de contemplar as produções mais complexas, compostas de múltiplos insumos e produtos, a abordagem do Data Envelopment Analysis (DEA) foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e o primeiro modelo, CCR, foi nomeado conforme as iniciais dos autores. Além do CCR, outro modelo clássico é o BCC, idealizado por Banker, Charnes and Cooper (1984).

É uma técnica matemática, não paramétrica e utiliza a programação linear para estimar a fronteira de eficiência das Unidades de Tomada de Decisão (Decision Making Units - DMUs) que utilizam o mesmos Inputs e Outputs. O método permite realizar comparações entre as DMUs através do cálculo de índices de eficiência, partindo do pressuposto que estas são comparáveis entre si. O método foi aplicado no setor público pela dificuldade na obtenção de um índice de eficiência em mercados com dificuldade de alocação de preços aos insumos e produtos. (YUNOS; HAWDON, 1997)

O método também é capaz de identificar a fonte e o nível de eficiência para cada insumo e produto. O modelo pode, inclusive, ser orientado para os produtos ou para os insumos. No setor de energia elétrica brasileiro, por ser um monopólio natural o qual a capacidade de controle da demanda pela distribuidora é reduzida, o modelo orientado para o cálculo da eficiência dos insumos é mais adequado. Neste caso, a eficiência mede a habilidade da empresa de minimizar a utilização de insumos para produzir um determinado nível de produtos. (HATTORI; JAMASB; POLLITT, 2005)

O modelo CCR, também conhecido como Constant ReturnstoScale (CRS), utiliza múltiplos Inputs e Outputs desconsiderando as variações dos rendimentos de escala das

DMUs. Ele maximiza o quociente entre a combinação linear de inputs e outputs, com a restrição de que o índice obtido não pode ser superior a 1. (MEZA et al., 2007)

O modelo é representado pela seguinte formula:

$$\text{Min } \theta$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{ro}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$u_* \in \mathbb{R}$$

No modelo, o θ representa o índice de eficiência obtido, considerando que há n DMUs e cada uma ($j = 1, \dots, n$) consome uma quantidade de m inputs (x_{ij} , $i = 1, \dots, m$) para produzir s outputs (y_{rj} , $r = 1, \dots, s$) onde λ_j representa os pesos para determinar a melhor combinação tecnológica de cada DMU. O modelo também assume que x_{ij} e y_{rj} são menores ou iguais a zero. (YUNOS; HAWDON, 1997)

O modelo BCC, também conhecido como Variable Return to Scale (VRS), utiliza os inputs e outputs ponderados por fatores de escala de produção. Uma variável u_* e v_* são utilizadas para atribuir peso aos inputs e outputs, respectivamente. Se as variáveis são positivas, o retorno em escala é decrescente e se forem negativos, é crescente. Se as variáveis forem nulas, não há retorno em escala. (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2004)

Os fatores do modelo formam uma fronteira convexa. Neste modelo, o axioma não representa os inputs e outputs, mas sim a convexidade, considerando retornos crescente, constantes ou decrescentes em escala. O modelo é representado pela seguinte fórmula:

$$\text{Max } \sum_r u_r y_{ro} + u_*$$

s.a.

$$\sum_i v_i y_{io} = 1$$

$$\sum_r u_r y_{rj} + u_* - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \forall j$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0, \forall r, i$$

$$u_* \in \mathbb{R}$$

No modelo, x_{io} representa o input i da DMU o ; y_{ro} é o output r da DMU o ; v_i é o peso do input i ; u_r é o peso do output r ; x_{ij} é o input i e y_{rj} é o output r da DMU j e a variável u_* é a variável que indica a escala da DMU. (TSCHAFFON; ANGULO MEZA, 2014)

A partir da abordagem proposta por Charnes, a eficiência de cada microunidade é mensurada com relação a eficiência de todas as demais, sujeito a restrição de estar na fronteira de eficiência ou abaixo dela. A figura criada por Hjalmarsson e Veiderpass(1992) ilustra com clareza a relação entre as DMUs e os métodos de CRS e VRS. Os pontos OBG representam a fronteira de eficiência obtida com a aplicação do método de retorno constante de escala (CRS) e os pontos EABCF formam uma fronteira convexa com correção da escala de produção proporcionada pelo modelo com retorno variável de escala (VRS).

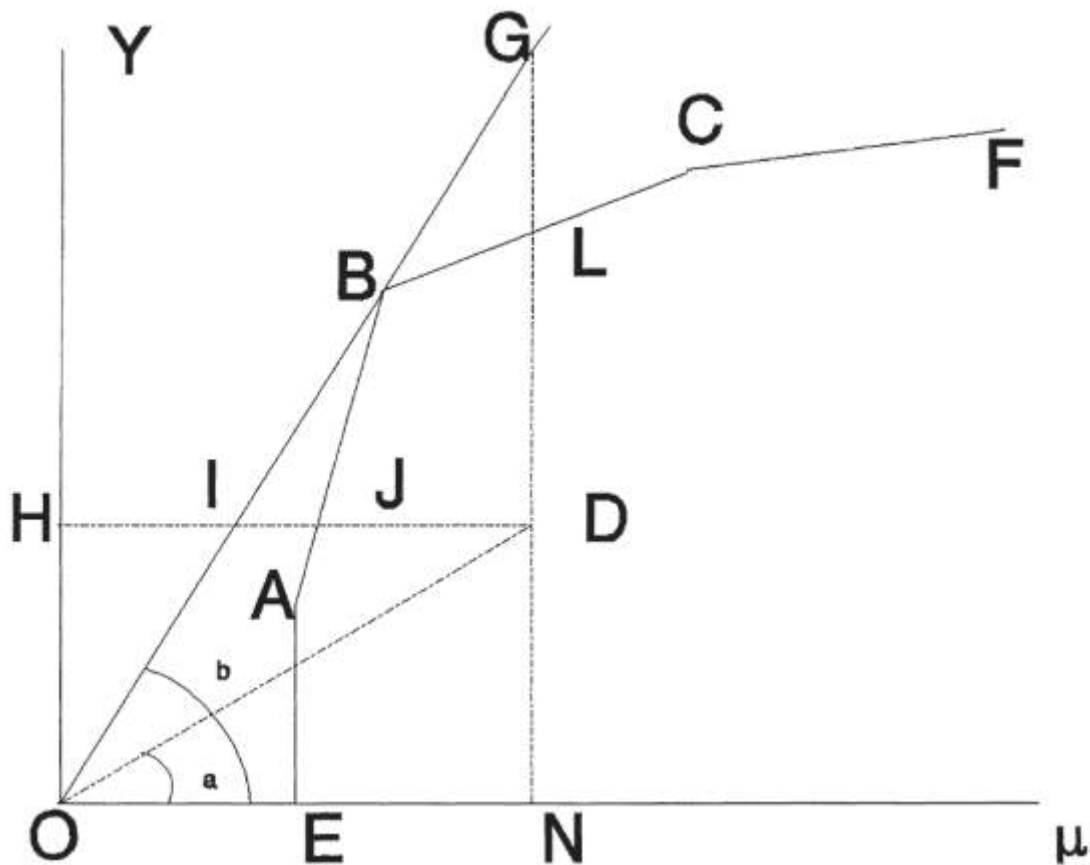


Figura 1 Ilustração da medida de eficiência DEA Fonte: Hjalmarsson e Veiderpass

3.2 LIMITAÇÕES DA MODELAGEM DEA

A maior limitação do método é o tratamento de incertezas. Por extensão, há alguns erros de medida que ocorrem devido as incertezas que estão em torno do cálculo do índice de

eficiência em um conjunto de DMUs. Algum progresso foi obtido ao introduzir a incerteza aos modelos DEA, mas nenhum modelo de tratamento foi aceito com a amplitude necessária para o validar. (YUNOS; HAWDON, 1997)

O modelo possui algumas desvantagens quando comparado com outras metodologias utilizadas para fins semelhantes, como a SFA (StochasticFrontierAnalisys). Ele pode apresentar ruído por não identificar e tratar os erros obtidos na construção da fronteira não paramétrica e por consequência, os testes de hipótese tradicionais não são possíveis para a construção de novos modelos. Por utilizar um modelo que comparativo entre as DMUs, o método requer uma amostra grande e robusta, o que pode não ser possível atingir em um mercado com regulação recente. (COELLI et al., 2005)

A maior crítica a ambos modelos é a ausência de pesos para cada variável, o que pode levar a resultados falsos. O modelo DEA é, portanto, um modelo majoritariamente otimista, o que pode enviesar a classificação obtida pelas empresas. Uma solução para este problema é a utilização do método da fronteira invertida, introduzido por Yamada, Matui e Sugiyama (1994). Este método cria um índice composto capaz de suavizar o otimismo dos modelos DEA.

$$\text{Índice de Eficiência Composto} = \frac{\text{Eficiência Clássica} - \text{Eficiência Invertida} + 1}{2}$$

3.3 MÉTODOS DE HOMOGENEIZAÇÃO

Uma das condições necessárias para a utilização adequada da metodologia DEA é a homogeneidade das DMUs em análise. Ao analisar unidades que não realizam atividades semelhantes ou que não geram produtos e serviços comparáveis, as DMUs devem ser agrupadas em clusters homogêneos. (DYSON et al., 2001)

A clusterização consiste em formar grupos similares dentro da amostra de acordo com pequenas semelhanças entre os itens que a compõe. O agrupamento pode ocorrer através de duas técnicas: Dinâmica ou Estática. A técnica estática consiste majoritariamente na divisão do conjunto principal em subconjuntos que possuem características semelhantes por meio de critérios pré-determinados. A técnica dinâmica consiste em definir DMUs como ponto central e categorizar as demais DMUs de acordo com as semelhanças com a DMU central, formando

uma clusterização mais abrangente. (GOLANY; THORE, 1997; MACQUEEN, 1967; MOURA; RUBEM; MELLO, 2015)

No presente estudo, devido as estruturas distintas aplicadas às distribuidoras de energia elétrica brasileiras, é necessário utilizar um modelo de divisão por clusters para proporcionar a homogeneidade das DMUs, este constitui um pressuposto básico da modelagem DEA. Os clusters utilizados serão os definidos pela ANEEL no PRORET submódulo 2.3 (ANEEL, 2015b, p. 16). A seleção desta divisão tem o objetivo de manter a comparabilidade com as análises realizadas pelo órgão regulador.

3.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

O método da Análise Envoltória de Dados, embora amplamente difundido no exterior, possui poucos trabalhos na área econômico-financeira. Uma das poucas referências é o estudo de Smith (1990). No trabalho, o objetivo do autor é testar a usabilidade do método DEA na substituição de indicadores de análise de balanços convencionais. Uma das críticas aos indicadores convencionais é a limitação na quantidade de numeradores e denominadores. Muitos denominadores podem tornar a análise imprecisa, enquanto a escassez contribui pouco para a análise. Por isso, o autor buscou no DEA, um método não paramétrico, a possibilidade de integrar diversos indicadores para uma análise global da situação das empresas em um determinado mercado. Outro estudo relevante foi apresentado por Smith e Fernandez-Castro(FERNANDEZ-CASTRO; SMITH, 1994) com o mesmo fim, buscar um modelo não paramétrico para avaliar o desempenho corporativo.

Em ambos estudos são abordadas as principais dificuldades na utilização de modelos DEA para avaliar o desempenho corporativo:

- Determinar os inputs e outputs, por serem índices financeiros e não insumos e produtos que possuam algum grau de tangibilidade;
- O tratamento ou não dos *Outliers*, que podem representar desempenho acima da média ou erros que podem enviesar a análise. Nos inputs, a exclusão de um *outlier* pode impedir a análise do desempenho da DMU, sendo pouco recomendável.
- Número reduzido de observações. O método DEA precisa de uma amostra relevante para que o resultado seja representativo.

- Empresas que possuem estruturas pouco usuais podem enviesar a análise. As diferenças operacionais devem ser consideradas ao agrupar e analisar.
- A impossibilidade de utilizar dados negativos. Estes devem ser eliminados, impedindo a participação da DMU relativa. Em alguns casos, a transformação dos números negativos em positivo é uma possibilidade. Em amostras grandes, a exclusão das DMUs possui pouco impacto no resultado.
- O método pode ser utilizado para analisar apenas um período.

Considerando as dificuldades solucionadas, algumas etapas e procedimentos relevantes são necessários para a obtenção dos índices e do Rank:

- Construção da base de dados: Levantar as informações, que podem ser valores ou quocientes. Embora diversos autores defendam as vantagens do uso dos quocientes, como a normalização, o método DEA é invariante a escala. O único requisito é que todas as variáveis sejam positivas.
- Análise das variáveis: Análises gráficas, correlação, análise de cluster e tratamento de *Outliers*.
 - Análise gráfica: A relação entre variáveis é utilizada para determinar se o modelo utilizado será de retornos constantes ou variáveis a escala.
 - Correlação: O objetivo da correlação é identificar o nível e a proporção da relação entre as variáveis possíveis para o modelo. Os indicadores devem ser em número suficiente, já que o excesso de indicadores pode facilitar que as DMUs atinjam a fronteira de eficiência.
 - Análise de Cluster: As unidades devem ser homogêneas, ou seja, executar os mesmos processos com objetivos semelhantes, estar sujeitas às mesmas condições de mercado e utilizar os mesmos insumos e produtos, podendo variar a intensidade ou magnitude.
 - Tratamento de *Outliers*: Os *Outliers* tendem a se posicionar na fronteira de eficiência, enviesando o resultado. Neste caso, o tratamento é necessário.
- Seleção de variáveis: Por meio das técnicas de Normam e Stoker(1992) e Stepwise DEA (KITTELSEN, 1993). Neste trabalho, o objetivo é testar as relações estabelecidas entre os indicadores pelo regulador na nota técnica nº111/2016, portanto, a relação input e output será definida confiando na experiência do corpo técnico, dispensando análises estatísticas para definir as variáveis.

- Construção do modelo: Analisar o relacionamento entre as variáveis, definir os insumos e produtos, definir se o modelo é orientado para maximização de produtos ou minimização de insumos e se os retornos de escala são constantes ou variáveis.
- Análise dos resultados: As empresas eficientes, após determinadas, serão estudadas para conferir se possuem desempenho próximo ao divulgado no relatório de análise dos indicadores. (ANEEL, 2017)

4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONSTRUÇÃO DO MODELO

A base de dados utilizada neste trabalho é a disponibilizada pela ANEEL por meio do site institucional (ANEEL, 2019). Os indicadores estão na aba “Base Dados” e foram extraídos na íntegra para uma planilha Excel e importados para o software STATA SE com o módulo DEA.

Na primeira seleção, os indicadores da ANEEL foram escolhidos como variáveis para compor o modelo. Em consonância com o objetivo do trabalho, a criação de um modelo DEA representativo para a avaliação do setor de energia elétrica baseado nas premissas da ANEEL, os indicadores foram divididos em inputs e outputs da seguinte forma:

Tabela 1: Divisão dos INPUTS e OUTPUTS

INPUTS	OUTPUTS
$Ind\ 2.1 = \frac{EBITDA\ Ajustado\ UDM}{VPB\ Regulatório\ UDM}$	$Ind\ 6.1 = DGC$
$Ind\ 2.2 = \frac{PMSO\ Ajustado\ UDM}{PMSO\ Regulatório\ UDM} - 1$	$Ind\ 6.3 = Mercado\ GWh\ CAGR\ U4A$
$Ind\ 3 = \frac{Capex\ U4/5A}{QRR\ U4/5A}$	$Ind\ 6.4 = N^o\ Consumidores\ GWh\ CAGR\ U4A$

O ano de análise seleciona foi o ano de 2015, por ser o ano com o maior número de variáveis positivas. Os indicadores 1, 4.1, 4.2, 5 e 6.2 foram eliminados do modelo por possuírem a maioria dos dados negativos ou indisponíveis para análise.

A classificação dos inputs e outputs ocorreu conforme a ideia original do órgão regulador, que diz “normalmente, existe uma relação direta entre desempenho econômico-financeiro e os indicadores de 6.1 e 6.2”, “ainda que indiretamente, [...] a qualidade do serviço ocorrem, em regra, quando a distribuidora tem eficiência nos gastos e geração de caixa

positiva”e “A análise de investimentos é relevante par ao regulador, pois eles estão intrinsecamente relacionados com a qualidade do serviço” (ANEEL, 2016c). Em resumo, os técnicos avaliam que existe uma relação das perspectivas de eficiência e investimentos na geração de desempenho operacional.

As distribuidoras Amazonas, Boa Vista, CEAL, CEEE, CEPISA, CERON, DEMEI, Eletroacre e Forcel foram desconsideradas por possuírem o EBITDA negativo, impactando o indicador 2.1.O modelo foi testado com 50 DMUs e 6 variáveis, divididas em 3 inputs e 3 outputs.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados da análise foram explorados comparativamente aos resultados obtidos referentes ao ano de 2015 no relatório de sustentabilidade econômico-financeira publicado pela ANEEL. A tabela 2reúne as informações para as DMUs analisadas.

Tabela2: Rank, coeficiente Theta e Slacks obtidos com a metodologia DEA

DMUs	DEA		SLACK					
Distribuidoras	Rank	Theta	I21	I22	I3	I61	I63	I64
Celg-D	1	1						
Eletropaulo	1	1						
Iguaçu	1	1						
CEB-Dis	4	1	0,284054	0,625184		0,262081		
EEB	5	1	0,385635	0,13589	0,886218		0,002979	
Enel_CE	6	1	0,549554		0,394597	0,597792		
EMS	7	1	0,399963		0,090832	116228		
CPFL_Sul_Pta	8	1	0,554249		0,792142	0,308825		
ETO	9	1	0,296493		233935	0,697874		
João_Cesa	10	1	0,122876		221809	136702		
EMT	11	0,995792	0,123022		107028	106587		
ESE	12	0,969694	0,538142		159701	0,52702		
Cemar	13	0,966162	0,544933		144897	0,931092		
Cocel	14	0,931109	0,202965		101415	0,457238		
CNEE	15	0,881841	0,232303		114151	0,040221		
Celpa	16	0,878224	0,351398		139858	0,835091		
EDEV	17	0,848256	0,266352		0,543643	0,325144		
EDP_ES	18	0,844023	0,357249		0,039167	0,730841		
CPFL_Pirat_	19	0,821252	0,424441		0,082843	0,440076		

Santa_Maria	20	0,789957	0,376996		246503	0,541595		
Chesp	21	0,78064	0,194591		103997	0,438944		
Sulgipe	22	0,778333	0,154542		270012	0,543969		
CPFL_Sta_Cruz	23	0,776914	0,379939		0,866958	0,231479		
EPB	24	0,772452	0,481222		176111	0,359571		
Celpe	25	0,766847	0,131495		0,620966	0,667082		
CPFL_Leste	26	0,747276	0,432342		12054	0,16532		
Coelba	27	0,740088	0,266663		0,649932	0,250683		
Cosern	28	0,735828	0,365131		0,683965	0,42427		
Enel_RJ	29	0,717376	0,114787					0,010108
RGE	30	0,717097	0,352017		0,80373	0,18045		
Cflo	31	0,714085	0,04824		0,449569	0,121497		
Eletrocar	32	0,688594	0,249989		918793	0,117215		
Celesc-Dis	33	0,678562	0,106629	0,027642		0,31261		
CPFL_Mococa	34	0,669737	0,41008		0,775531	0,162459		
EMG	35	0,663117	0,274521		0,852163	0,211564		
EDP_SP	36	0,603828	0,205907	0,240615				
Elektro	37	0,589419	0,300718		0,004283	0,154953		
Hidropan	38	0,580785	0,21612		28665	0,392391		
CPFL_Paulista	39	0,576514	0,263393		0,196783	0,222188		
Copel-Dis	40	0,567359	0,131025		0,198941	0,192537		
Cooperl_	41	0,548706	0,100356		142206	0,071007		
Muxenergia	42	0,548177	0,347052		0,732612	0,238879		
RGE_Sul	43	0,503741	0,113568		0,261711		0,008047	
EBO	44	0,496333	0,4484		155572	0,288568		
Urussanga	45	0,481832	0,061985		0,31512	0,30495		
Cemig-D	46	0,472931	0,141849	0,01383	0,090195		0,009566	
Uhenpal	47	0,462286	0,131695		0,075838		0,000978	
Light_Sesa	48	0,430619					0,005435	0,008497
ENF	49	0,390377	0,12682	0,06873	0,472322		0,013298	
Dmed	50	0,239136	0,070048	0,143486		0,543984		

No rank, as empresas CELG (Atual Enel GO), Eletropaulo e Iguaçu foram consideradas as mais eficientes quanto a geração de recursos, controle de despesas e investimentos relacionados a melhoria da qualidade do serviço e expansão da concessão, sendo selecionadas para compor a fronteira de eficiência. As demais empresas e os Slacks, que determinam o quanto faltou para cada empresa atingir a posição seguinte em relação a fronteira de eficiência estão listados na tabela.

Tabela3: Comparação entre os indicadores de sustentabilidade e os Slacks.

Empresa	I21	Slack	I22	Slack	I61	Slack	I63	Slack	I64	Slack
---------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------

Celg-D	0,00648 2		0,47694 2		2,24467 6		0,05138 3		0,03941 7	
Eletropaulo	0,50543		0,25597 8		2,02896 8		0,01338 1		0,02072 9	
Iguaçu	0,12809 2		0,03939 6		1,75895 5		0,03805 1		0,02529 9	
CEB-Dis	0,28862	0,28405 4	0,58390 3	0,62518 4	1,36942 5		0,05553	0,26208 1	0,03515 3	
EEB	0,31818 2	0,38563 5	- 0,21842	0,13589	ND	0,88621 8	0,02916 2		0,02685 1	
Cemig-D	0,30496 2	0,14184 9	0,08989 7	0,01383	0,84949 9		0,00988	0,00956 6	0,03090 3	
Uhenpal	0,34097 4	0,13169 5	0,04231 9		0,82204 3		0,01741 5	0,00097 8	0,01377 6	
Light Sesa	0,33086 4		0,39634 6		1,19496 2		0,01032 3	0,00543 5	0,00691 6	0,00849 7
ENF	0,32963	0,12682	0,22661 9	0,06873	0,66443 8		0,00191 2	0,01329 8	0,01810 4	
Dmed	0,22072 6	0,07004 8	1,07948 4	0,14348 6	0,14453 6	0,54398 4	0,01929 1		0,02381 4	

Na tabela 3, as cinco melhores e piores empresas foram selecionadas. As melhores empresas possuem um slack maior que as piores na maioria dos índices, o que sugere uma grande distância na eficiência entre as três que compõe a fronteira de eficiência e as duas seguintes. Entre as que foram menos eficientes, a maioria possui um maior Slack nos inputs do que nos outputs. Para melhorar o índice, essas empresas precisam investir mais na geração de recursos e gestão de despesas.

Quanto a relação sugerida pela ANEEL entre eficiência e qualidade, é possível inferir que o método realizado obteve resultados que diferem das expectativas constantes nas notas técnicas. As empresas com os melhores indicadores de qualidade não são as que os produzem com a menor quantidade de recursos. É necessário grande investimento e geração de recursos para melhorar os indicadores de qualidade, logo, a relação estabelecida pelo método não consegue avaliar de forma adequada com os indicadores propostos.

5 CONCLUSÃO

Com o trabalho, é possível constatar que a eficiência na geração de recursos não impacta a qualidade, sendo necessário gerar mais recursos que a meta regulatória para conseguir melhorar a qualidade.

Os indicadores de sustentabilidade econômico-financeira agregam pouco para o modelo, servindo melhor de forma isolada. Em trabalhos futuros, é necessário grande esforço para criar outros indicadores que representem melhor a relação entre a eficiência financeira e a operacional.

É possível também que as duas perspectivas não sejam capazes de integrar um mesmo modelo, sendo necessário avaliar ambas separadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **PRORET Submódulo 2.6 Perdas de Energia**, 2015a. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2015660_Proret_Submod_2_6_V3.pdf>

ANEEL. **Submódulo 2.3 - Base de remuneração regulatória**. Brasília: [s.n.].

ANEEL. **Nota Técnica nº 111/2016-SFF/ANEEL**. [s.l: s.n.].

ANEEL. **Nota Técnica nº 67/2016-SFF/ANEEL - Instituição de indicadores públicos de sustentabilidade econômico-financeira**. Brasília: [s.n.].

ANEEL. **Nota Técnica nº 111/2016-SFF/ANEEL**, 2016c.

ANEEL. **2º Edição do Relatório de Indicadores de Sustentabilidade Econômico-Financeira das Distribuidoras**. Brasília: [s.n.].

ANEEL. **Sustentabilidade Econômico-Financeira - Informações Técnicas - ANEEL**.

Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/sustentabilidade-economico-financeira/656815?inheritRedirect=false)

[/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/sustentabilidade-economico-financeira/656815?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/sustentabilidade-economico-financeira/656815?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 23 jul. 2019.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, set. 1984.

BRASIL. **LEI Nº 9.427, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1996**, 1996.

CARLOS, I. C. **AVALIAÇÃO DE DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA USANDO DEA E TÉCNICAS DE HOMOGENEIZAÇÃO**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2017.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, nov. 1978.

COELLI, T. et al. **A primer on efficiency measurement for utilities and transport regulators**. [s.l: s.n.].

CULLMANN, A.; VON HIRSCHHAUSEN, C. Efficiency analysis of East European electricity distribution in transition: legacy of the past? **Journal of Productivity Analysis**, v. 29, n. 2, p. 155–167, 19 abr. 2008.

DYSON, R. G. et al. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, 2001.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253–290, 1957.

FERNANDEZ-CASTRO, A.; SMITH, P. Towards a general non-parametric model of corporate performance. **Omega**, 1994.

GOLANY, B.; THORE, S. The Economic and Social Performance of Nations: Efficiency and Returns to Scale. **Socio-Economic Planning Sciences**, 1997.

HATTORI, T.; JAMASB, T.; POLLITT, M. Electricity Distribution in the UK and Japan : A Comparative Efficiency Analysis 1985-1998. **Energy Economics**, v. 26, n. 2, p. 23–48, 2005.

HJALMARSSON, L.; VEIDERPASS, A. Efficiency and ownership in Swedish electricity retail distribution. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3, n. 1–2, p. 7–23, 1992.

KITTELSEN, S. A. C. Stepwise DEA : choosing variables for measuring technical efficiency in Norwegian electricity distribution. **Memorandum Number in series: 6**, 1993.

LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. 2º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MACQUEEN, J. **Some methods for classification and analysis of multivariate observations**. Proceedings of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. **Anais...**1967

MEZA, L. A. et al. Seleccção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia eléctrica. **Investigação Operacional**, v. 27, p. 21–36, 2007.

MOURA, A. L. DE; RUBEM, A. P. DOS S.; MELLO, J. C. C. B. S. DE. Avaliação de empresas aéreas com modelo de análise envoltória de dados clusterizado pela escala de operação. **Journal of Transport Literature**, 2015.

NORMAN, M.; STOKER, B. Data Envelopment Analysis - The Assessment Of Performance. **Journal of the Operational Research Society**, 1992.

PESSANHA, J. F. M.; MELLO, M. A. R. F. DE; SOUZA, M. B. R. C. Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo DEA adotado pela ANEEL. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 3, p. 521–545, 2010.

PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C.; LAURENCEL, L. C. Usando Dea Na Avaliação Da

Eficiência Operacional Das Distribuidoras Do Setor Elétrico Brasileiro. **Xii Congresso Latino-Iberoamericano De Investigación De Operaciones Y Sistemas**, p. 1–6, 2004.

REZENDE, S. M. DE; PESSANHA, J. F. M.; AMARAL, R. M. Avaliação cruzada das distribuidoras de energia elétrica. **Production**, v. 24, n. 4, p. 820–832, 2014.

SMITH, P. Data envelopment analysis applied to financial statements. **Omega**, 1990.

STEINER, F. **Regulation, industry structure and performance in the electricity supply industry**. [s.l.] OECD Publishing, 12 abr. 2000. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/economics/regulation-industry-structure-and-performance-in-the-electricity-supply-industry_880084226021?crawler=true>. Acesso em: 22 fev. 2018.

TSCHAFFON, P.; ANGULO MEZA, L. Assessing the Efficiency of the Electric Energy Distribution using Data Envelopment Analysis with undesirable outputs. **IEEE Latin America Transactions**, v. 12, n. 6, p. 1027–1035, set. 2014.

VON HIRSCHHAUSEN, C.; CULLMANN, A.; KAPPELER, A. Efficiency analysis of German electricity distribution utilities – non-parametric and parametric tests. **Applied Economics**, v. 38, n. 21, p. 2553–2566, 10 dez. 2006.

YUNOS, J. M.; HAWDON, D. The efficiency of the National Electricity Board in Malaysia: An intercountry comparison using DEA. **Energy Economics**, v. 19, n. 2, p. 255–269, 1997.